

日 本 国 特 許 庁
PATENT OFFICE
JAPANESE GOVERNMENT

Handwritten signature
3-22-01

J1033 U.S. PTO
09/843258
04/25/01

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年12月20日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-387743

出 願 人

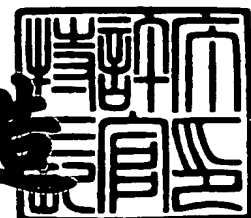
Applicant(s):

松下電器産業株式会社

2001年 3月 9日

特許庁長官
Commissioner,
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2001-3016789

【書類名】 特許願

【整理番号】 R4615

【提出日】 平成12年12月20日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01F 27/00
H01F 29/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式
会社内

【氏名】 井上 修

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株
式会社内

【氏名】 加藤 純一

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株
式会社内

【氏名】 松谷 伸哉

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株
式会社内

【氏名】 高橋 岳史

【特許出願人】

【識別番号】 000005821

【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100095555

【弁理士】

【氏名又は名称】 池内 寛幸

【電話番号】 06-6361-9334

【選任した代理人】

【識別番号】 100076576

【弁理士】

【氏名又は名称】 佐藤 公博

【選任した代理人】

【識別番号】 100107641

【弁理士】

【氏名又は名称】 鎌田 耕一

【選任した代理人】

【識別番号】 100110397

【弁理士】

【氏名又は名称】 梶丘 圭司

【選任した代理人】

【識別番号】 100115255

【弁理士】

【氏名又は名称】 辻丸 光一郎

【選任した代理人】

【識別番号】 100115152

【弁理士】

【氏名又は名称】 黒田 茂

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 012162

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0004605

特 2 0 0 0 - 3 8 7 7 4 3

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電気絶縁性複合磁性体、磁性素子およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 Fe、Ni および Co の合計が 90 重量%以上の金属磁性体粉末と、板状または針状の電気絶縁性粒子と、樹脂とを含み、前記金属磁性体粉末の体積分率が 65～90%であり、前記電気絶縁性粒子の体積分率が 1～10%であることを特徴とする電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 2】 電気絶縁性粒子が、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化鉄、窒化硼素、硫酸バリウム、タルクおよび雲母より選ばれる少なくとも 1 種である請求項 1 に記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 3】 電気絶縁性粒子のアスペクト比が、5/1 以上である請求項 1 または 2 に記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 4】 金属磁性体粉末が、Si、Al および Cr より選ばれる少なくとも 1 種を含む請求項 1～3 のいずれかに記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 5】 金属磁性体粉末の平均粒径が 1 μ m 以上 100 μ m 以下である請求項 1～4 のいずれかに記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 6】 電気絶縁性粒子の最長径の平均値が、金属磁性体粒子の平均粒径の 0.2 倍以上 3 倍以下である請求項 1～5 のいずれかに記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 7】 樹脂が、熱硬化性樹脂である請求項 1～6 のいずれかに記載の電気絶縁性複合磁性体。

【請求項 8】 請求項 1～7 のいずれかに記載の電気絶縁性複合磁性体と、コイル導体とを有し、前記コイル導体が前記電気絶縁性複合磁性体中に埋設されていることを特徴とする磁性素子。

【請求項 9】 Fe、Ni および Co の合計が 90 重量%以上の金属磁性体粉末と、板状または針状の電気絶縁性粒子と、未硬化状態の熱硬化性樹脂とを混合して混合体を作製する工程と、前記混合体を整粒して複数の顆粒を作製する工程と、前記複数の顆粒を加圧成形してコイル導体を埋設した成形体を作製する工程と、前記成形体を加熱して前記熱硬化性樹脂を硬化させる工程と、を含むことを

特徴とする磁性素子の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、電気絶縁性複合磁性体と、これを用いた磁性素子、特に電子機器のインダクタ、チョークコイル、トランスその他に用いられるインダクタンス素子と、その製造方法に関するものである。本発明の磁性素子は、特に大電流用小型磁性素子に適している。

【0002】

【従来の技術】

電子機器の小型薄型化に伴い、電子機器に用いられる部品やデバイスも小型化、薄型化することが強く求められている。一方、CPUなどのLSIは高集積化してきており、これに供給される電源回路には数A～数十Aの電流が供給されることがある。従って、これらに用いられるチョークコイル等のインダクタにおいても、小型化とともに、これに反する、コイル導体の断面積を大きくして低抵抗化を実現することと、直流重畳によるインダクタンスの低下が少ないことが必要とされている。また、使用周波数が高周波化しており、高周波での損失の低いことが求められる。さらに、部品のコストを安くすることが強く求められ、単純な形状の部品構成素子を簡単な工程で組み立てられることが必要となっている。すなわち、大電流、高周波で使用可能であり、かつ、極力小型、薄型化したインダクタを安価に供給することが求められている。

【0003】

インダクタのインダクタンスは、トロイダル形状のコアに巻き線を施した場合、次式で表される。

$$L \sim \mu \times S \times N^2 / r$$

ここで、Lはインダクタンス、 μ は透磁率、Sは磁路断面積、Nは巻き線数、rは磁路長である。この式より、大きなL値を得るためには、透磁率 μ を高く、磁路断面積Sを大きく、巻き線数Nを大きく、磁路長rを小さくすれば良いことがわかる。しかし、透磁率を大きくすると、わずかな電流値でも磁束密度が飽和

してしまい、それ以上の電流値では透磁率が低下するため、直流重畳特性が劣化する。磁路断面積を大きくすることは、小型化に反し、また同一巻き線数では、導線長さが長くなって、高抵抗となる。これを防ぐために断面積の大きい導線を用いることは、さらに小型化に反する。巻き線数を増やすことは、小型化に反すると共に、高抵抗となる。磁路長を短くすることは小型化にはつながるが、巻き線数を増やすことが出来なくなる。従って、小型で大L、良好な直流重畳特性を持ち、巻き線抵抗が低く、高周波まで使用可能なインダクタは実現が困難である。

【 0 0 0 4 】

次に実際に使用されているインダクタの問題点について述べる。まず、最も一般的に使用されている、EE型やEI型のフェライトコアとコイルを利用する方法では、フェライト材料が、比較的透磁率が高く、かつ飽和磁束密度が金属磁性材料に比べて低いため、そのまま使用すると、磁気飽和によるインダクタンスの低下が大きく、直流重畳特性が悪い。そこで、直流重畳特性を改善するために、通常コアの磁路のどこかに空隙を設け、見かけの透磁率を下げて使用することが行われている。

【 0 0 0 5 】

コア材料として、フェライトよりも飽和磁束密度が大きいFe-Si-Al系合金、Fe-Ni系合金等を用いる方法では、これらの金属系材料は、電気抵抗が低いので、最近のように使用周波数が数百kHz~MHzと高周波化してくると、渦電流損失が大きくなって、そのままでは使用できない。このため、薄体化したものを絶縁層を介して積層化するか、あるいは粉末化したものを、高密度に成形した、いわゆるダストコア、あるいは樹脂中に磁性粉末を分散させたコンポジット磁性体が用いられている。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、フェライト材料を用いて磁路のどこかに空隙を設け、見かけの透磁率を下げて使用する方法では、交流で駆動した時に、この空隙部分でコアが振動してノイズ音が発生する。また、透磁率を下げて飽和磁束密度は低いまま

なので、直流重畳特性は金属磁性体より悪いといった問題点がある。

【0007】

金属磁性体の薄体を絶縁層を介して積層化する方法は、高飽和磁束密度ではあるが、透磁率が高いためにギャップは必要であり、また高周波で使用可能な薄体は十分薄い必要があるので高コストとなり、かつ複雑な形状を作製することが不可能という問題点がある。

【0008】

ダストコアは、飽和磁束密度は高いが、十分高い飽和磁束密度と実用的な透磁率を得るためには、成型時に1 GPa（約10 t/cm²）程度以上の非常に高い圧力をかけて緻密化させる必要があり、このため特殊な高強度金型が必要となり、また複雑な形状を作製しにくい。さらに、それ自体はそれほど電気抵抗が高くないために、絶縁の必要があるといった問題点がある。

【0009】

コンポジット磁性体は、高電気抵抗率であり、コイル導体埋設による磁路断面積拡大も期待でき、かつ作製も比較的容易であるが、磁性体の占める体積分率が、高くても60～65%程度止まりであるために、飽和磁束密度はそれほど高くなり、また透磁率も低いといった問題点がある。

【0010】

【課題を解決するための手段】

従来の磁性材料が有する上記問題点を解決するために、本発明の電気絶縁性複合磁性体は、Fe、NiおよびCoの合計が90重量%（wt%）以上の金属磁性体粉末と、板状または針状の電気絶縁性粒子と、樹脂とを含み、金属磁性体粉末の体積分率が65～90%であり、電気絶縁性粒子の体積分率が1～10%であることを特徴とする。

【0011】

本発明の電気絶縁性複合磁性体では、電気絶縁性粒子として、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化鉄、窒化硼素、硫酸バリウム、タルクおよび雲母より選ばれる少なくとも1種を用いることができる。この電気絶縁性粒子のアスペクト比は、5/1以上が好適である。ここで、アスペクト比と

は、当該粒子の最長径（最大長さ）を最短径（最小長さ）で除した数値をいい、具体的には板状体の板径を板厚で割った値、針状体の長さを針径で割った値が相当する。

【 0 0 1 2 】

また、本発明の電気絶縁性複合磁性体では、金属磁性体粉末が、S i、A lおよびC rより選ばれた少なくとも1種を含むことが好ましい。絶縁性を保ちやすくなるからである。

【 0 0 1 3 】

さらに、本発明の電気絶縁性複合磁性体では、金属磁性体粉末の平均粒径は、1 μ m以上1 0 0 μ m以下が好適である。また、電気絶縁性粒子の最長径の平均値は、金属磁性体粒子の平均粒径の0. 2倍以上3倍以下であることが好ましい。また、樹脂としては、熱硬化性樹脂が適している。

【 0 0 1 4 】

本発明の磁性素子は、上記記載の電気絶縁性複合磁性体と、コイル導体とを有し、このコイル導体が上記電気絶縁性複合磁性体中に埋設されていることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

また、本発明の磁性素子の製造方法は、F e、N iおよびC oの合計が9 0重量%以上の金属磁性体粉末と、板状または針状の電気絶縁性粒子と、未硬化状態の樹脂とを混合して混合体を作製する工程と、この混合体を整粒して複数の顆粒を作製する工程と、この複数の顆粒を加圧成形してコイル導体を埋設した成形体を作製する工程と、この成形体を加熱して上記熱硬化性樹脂を硬化させる工程と、を含むことを特徴とする。この製造方法により、上記体積分率により金属磁性体粉末および電気絶縁性粒子を含む電気絶縁性複合磁性体を含む磁性素子、例えばインダクタ、チョークコイル、トランス等のインダクタンス素子を効率的に製造できる。

【 0 0 1 6 】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の好ましい実施形態について説明する。

(実施の形態 1)

まず、本発明の複合磁性体について説明する。この複合磁性体は、少なくとも、1) 磁性体本体である金属磁性体粉末、2) 針状または板状の電気絶縁性粒子、3) 有機樹脂成分、の3種類の成分によって構成される。

【0017】

第1の成分として、Fe、NiおよびCoの少なくとも1種を主成分とする金属磁性体粉末を用意する。この金属磁性体粉末としては、具体的には、Fe粉、Fe-Al、Fe-Si、Fe-Si-Al系合金やFe-Ni、Fe-Co、Fe-Mo-Ni系合金等を使用できる。ただし、磁性元素であるFe、Ni、Co以外の副成分が増加すると、飽和磁束密度の低下や金属粉末自体の硬化が生じるため、これら副成分は合計で10wt%未満、好ましくは6wt%以下に制限することが好ましい。

【0018】

一方、用いる金属粉末によっては、電気抵抗値や絶縁耐圧が不足することがある。この場合には、Si、AlおよびCrから選ばれる少なくとも1つをその成分に含む金属磁性体粉末を用いると、これらの成分が表面酸化皮膜に濃縮して含まれるようになって、絶縁皮膜の抵抗値や耐圧を向上させることができる。このため、例えばFe-Si系等の金属磁性粉を用いるか、Si等を含まないFe-NiやFe-Co系であれば、少量のSi等を添加した組成を有する金属磁性粉を用いることが好ましい。

【0019】

金属粉末の粒子径としては、 $1\mu\text{m}\sim 100\mu\text{m}$ が好適であるが、 $30\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。粒径が大きすぎると、高周波での渦電流損失が大きく、また磁性体の厚さを薄くした時の強度が低下しやすいためである。こうした粉末を作製する方法としては、粉碎法を用いてもよいが、より均一な微粉が作製できるガスアトマイズ法や水アトマイズ法がより好ましい。

【0020】

第2の成分として、板状または針状の電気絶縁性粒子を用意する。板状または針状の粒子を用いることにより、球状の粒子を用いた場合よりも、同じ添加量で

磁性体の電気抵抗を高くできる。板状または針状の形状は、板の最大長さと板厚の比、または針の長さと針径の比(アスペクト比)が3/1以上であればよいが、複合磁性体全体の電気抵抗と透磁率の観点からは、アスペクト比が5/1以上が好ましい。アスペクト比の上限に特に制限はなく、10/1であっても100/1であっても構わない。

【0021】

電気絶縁性粒子の大きさは、板の最大長さ、あるいは針の長さが、金属磁性体粉末の粒子径より極端に小さいと、球状粉末を混合した場合との効果上の差異が小さく、逆に極端に大きいと、金属磁性体粉末との混合時に粉砕されるか、そうならなくとも、成形工程で充填率を高くするのに高い圧力が必要となる。従って、金属磁性体粉末の粒子径とほぼ等しい場合が最も添加効果大きい。具体的には、板状または針状の電気絶縁性粒子の最大長さの平均値が、金属磁性体粒子の平均粒径の0.2~3倍、より好ましくは0.5~2倍である。

【0022】

電気絶縁性粒子の組成については、特に限定はないが、上記程度の大きさで電気絶縁性を有するものは、実際には限られている。電気絶縁性粒子としては、具体的には、酸化亜鉛、酸化チタン、酸化ケイ素、酸化アルミニウム、酸化鉄、窒化硼素、硫酸バリウム、タルク、雲母などの無機粒子を用いることができる。

【0023】

これら2種類の粉末をよく混合した後、第3成分として、有機樹脂成分を混合する。樹脂としては、結着性を有するものであればよくシリコーン樹脂等を用いてもよいが、複合磁性体全体を成形体として固め、特にインダクタンス素子を構成する際にはコイルを内蔵する役割を持たせるために、通常は、機械強度の観点から、熱硬化性樹脂を用いることが好ましい。熱硬化性樹脂としては、エポキシ樹脂、フェノール樹脂等が使用できる。これらの樹脂には、金属磁性粉体との分散性を改善するために分散剤を微量添加してもよい。また、適宜、少量の可塑剤や溶剤を添加しても構わない。

【0024】

金属磁性体粉末と樹脂との混合比は、金属磁性体粉末の最終的な充填率(体積

分率) に応じて定めればよい。すなわち、各成分の体積分率の関係は、

$$(\text{樹脂 [体積\%]}) \leq 100 - (\text{金属磁性体粉末 [体積\%]}) - (\text{絶縁粒子 [体積\%]})$$

となるが、あまり少なすぎると強度が低下するので、少なくとも5体積 (vol) %以上、より好ましくは10 vol%以上が好適である。一方、その上限は、金属磁性粉末の充填率を65 vol%以上とする必要があるので、必然的に35 vol%以下となり、実際には25 vol%以下がよい。

【0025】

なお、金属磁性粉末と絶縁性粉末と有機樹脂とを一度に混合してもかまわないが、金属磁性粉末と絶縁性粉末とを混合してから有機樹脂を混合した方が磁性粉末と絶縁性粉末とをより均一に混合できる。

【0026】

有機樹脂成分を混合して得た混合体は、そのまま成形してもよいが、一旦、メッシュ等を通して顆粒状に整粒した方が、粉末の流動性が向上するために、使用しやすくなる。整粒により得た顆粒を型に入れ、目的とする金属磁性体粉末の充填率となるように加圧成形する。この時、加圧の圧力を高くして充填率を高くすると、飽和磁束密度や透磁率は高くなるが、絶縁抵抗や絶縁耐圧は低下しやすくなる。一方、充填率が低すぎると、飽和磁束密度、透磁率が低くなって十分なインダクタンス値や直流重畳特性が得られない。

【0027】

通常、粉末を全く塑性変形させずに充填すると、金属磁性体粉末の充填率は60～65 vol%程度が上限であるが、この充填率では飽和磁束密度、透磁率とも低すぎる。従って、塑性変形を伴う充填、すなわち65 vol%以上、より好ましくは70 vol%以上の充填率とすることが好ましい。一方、充填率の上限は、絶縁性が得られる範囲とするが、コイルを内蔵することを考えると電気抵抗率は少なくとも $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 程度はあることが好ましく、加圧成型時の圧力は金型の寿命を考えると500 MPa (約5 t/cm²) 以下が望まれるので、充填率は90 vol%以下、より望ましくは85 vol%以下とすればよい。成形圧は、100～500 MPa程度、特に200～400 MPaが好適である。

【 0 0 2 8 】

電気絶縁性粒子が磁性体全体に占める割合は1～10 vol%が好適である。この範囲未満であると電気抵抗が低すぎ、この範囲を超えると透磁率、飽和磁束密度が低下し過ぎるか、成形圧を非常に高くしなければならなくなる。

【 0 0 2 9 】

熱硬化性樹脂を用いる場合には、得られた成形体を加熱して樹脂を硬化させる。この硬化は、金型中加圧成型時に、同時に熱硬化性樹脂の硬化温度まで温度を上げて行う方が、電気抵抗率を高くしやすい。ただし、この方法では生産性が低くなるため、室温で加圧成形した後、加熱硬化してもよい。

【 0 0 3 0 】

なお、金属磁性体粉末と絶縁性粉末とを混合した後、一部の有機樹脂を混合して成形し、その後、樹脂残部を含浸させて、磁性体を作製してもよい。この方法は、工程は多くなるが、磁性体の吸水率がより低くなり、また金属磁性体粉末を錆びにくくできるといった利点がある。

【 0 0 3 1 】

以上のようにして、金属磁性体の充填率が65～90 vol%であり、電気抵抗率が $10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 以上、透磁率が10～100程度の複合磁性体を得ることができる。

【 0 0 3 2 】

(実施の形態2)

以下では、磁性素子の例として、チョークコイル等に用いられるインダクタンス素子について説明するが、本発明はこれに限定されず、2次巻き線が必要なトランス等に用いてもよい。

【 0 0 3 3 】

図1は、インダクタンス素子の断面図である。図1では、導体コイル2が複合磁性体1の内部に埋設され、磁性体の外部にはコイルの両端から端子3が引き出されている。ここでは、3～30 mm角前後、厚さ1～10 mm程度、一辺の長さ/厚さ=2/1～8/1程度の角板状のインダクタンス素子を想定しているが、素子のサイズや形状ディメンジョンはこれに限定されず、例えば円板状等他の

形状としてもよい。コイルの巻き方、導線の断面形状等も、図示した形状に限られない。

【 0 0 3 4 】

図 2 は、図 1 の磁性素子の組立を示す斜視図である。コイル 1 1 は、被覆銅線よりなるコイルである。ここでは、2 段に巻かれた丸銅線が用いられている。コイルの端子部 1 2, 1 3 は平坦に加工され、さらに直角に折り曲げられている。まず（実施の形態 1）で用意したものと同様の金属磁性体粉末と絶縁性粉末と樹脂とからなる顆粒を用意し、この顆粒の一部を、下パンチ 2 2 を途中まで挿入した金型 2 3 に入れ、その表面が平坦となるようにならす。この時、上下パンチ 2 1, 2 2 を用いて、仮加圧成形してもよい。次に、コイル 1 1 を、その端子部 1 2, 1 3 が金型 2 3 の切り欠き部 2 4, 2 5 に配置されるように、金型中の顆粒（成形体）の上に置き、さらに顆粒を充填し、上下パンチ 2 1, 2 2 により、本加圧成形を行う。得られた成形体を金型よりはずし、樹脂成分を加熱硬化させた後、端子部 1 2, 1 3 の端が素子の下面に回り込むように再度曲げ加工し、図 1 に示したような構造を有するインダクタンス素子を得る。端子は、上下面に分けて取り出してもよい。

【 0 0 3 5 】

導体コイルの形状は、丸線、平角線、箔状線など、構造と用途、必要とされるインダクタンス値や抵抗値に応じて定めればよい。導体の材質は、低抵抗が望ましいので、銅または銀、特に銅が好適である。また、その表面は絶縁性樹脂で被覆されていることが好ましい。

【 0 0 3 6 】

本発明の磁性体材料は、従来のダストコアとコンポジット磁性体の特徴を併せ持つ。すなわち、コンポジット磁性体よりも高透磁率、高飽和磁束密度であり、ダストコアよりも高電気抵抗で、かつコイルをその内部に埋設することにより、磁路断面積を増加させることが可能で、用途にもよるが、磁性体それ自体として、ダストコアやコンポジット磁性体よりも高特性である。また、その作製法は、粉末成形のプロセスを適用し、成形時または成形後に例えば 1 0 0 ~ 2 0 0 ℃ で樹脂の硬化処理を行うだけであるので、ダストコアのように、高圧で成形し、か

つ特性を出すために高温でアニールする必要がなく、またコンポジット磁性体のように、ペースト化してこれを扱うといった手間もなく、低コストで容易に作製できる。

【 0 0 3 7 】

【実施例】

以下、本発明を実施例によりさらに詳細に説明するが、本発明は以下の実施例により制限されるものではない。

【 0 0 3 8 】

(実施例 1)

金属磁性体粉末として、平均粒径が約 $13\ \mu\text{m}$ の $97\ \text{wt}\% \text{Fe} - 3\ \text{wt}\% \text{Si}$ 粉末を用意した。この粉末に、板径 $8\ \mu\text{m}$ 、板厚約 $1\ \mu\text{m}$ の窒化硼素粉末を添加してよく混合した。この混合粉末に、さらにビスフェノール A 型樹脂を加えて良く混合し、メッシュを通して整粒した。この整粒粉末を金型中にて、 $300\ \text{MPa}$ 前後の各種圧力で加圧成形し、型より取り出した後、 150°C にて 1 時間加熱処理して、ビスフェノール A 型樹脂を硬化させた。こうして、直径約 $12\ \text{mm}$ 、厚さ約 $1.5\ \text{mm}$ の円板状の試料を得た。

【 0 0 3 9 】

これらの試料のサイズおよび重量から密度を計算し、この値と窒化硼素および樹脂の混合量より、金属磁性体粉末の充填率（体積分率）を求め、窒化硼素が $3\ \text{vol}\%$ となり、金属磁性体粉末の充填率が（表 1）となるように窒化硼素量、樹脂量、成形圧を調整して試料を作製した。比較のため、窒化硼素を混合しない試料も作製した。得られた試料の両面に電極を押し付け、電気抵抗を電圧 $100\ \text{V}$ で測定した。次に電圧を $\sim 400\ \text{V}$ まで $100\ \text{V}$ 刻みで高くしながら電気抵抗を測定し、電気抵抗が急激に低下する電圧を求め、その直前の電圧をもって絶縁耐圧とした。さらに、同じ条件で作製した別の円板状試料の中央に穴をあけ、巻き線を施して、磁性体としての飽和磁束密度と、 $500\ \text{kHz}$ での比初透磁率を測定した。結果を（表 1）に示す。

【 0 0 4 0 】

(表 1)

サ プル	窒化 硼素	樹脂量 (vol%)	充填率 (vol%)	電気抵抗 (Ω)	絶縁耐圧 (V)	飽和磁束 密度(T)	比透 磁率
1*	有	10	60	$>10^{12}$	>400	1.2	5
2*	有	35	60	$>10^{12}$	>400	1.2	6
3	有	30	65	10^{10}	>400	1.3	12
4	有	25	70	10^9	>400	1.4	18
5	有	20	75	10^8	>400	1.5	24
6	有	15	80	10^7	>400	1.6	35
7	有	10	85	10^6	300	1.7	47
8	有	5	90	10^5	200	1.8	52
9*	有	2	93	$<10^3$	<100	1.9	60
10*	有	0	75	10^7	200	1.5	28
11*	無	20	75	$<10^3$	<100	1.5	38

- ・ 窒化硼素の体積分率 = 3 %
- ・ * 印を付したサンプルは比較例

【 0 0 4 1 】

(表 1) より明らかなように、窒化硼素を添加して樹脂を混合した場合、充填率が 65 vol% 未満の No. 1, 2 では、樹脂量に関係なく比透磁率が極端に低く、飽和磁束密度も低かった。一方、充填率が 93 vol% の No. 9 では、電気抵抗、耐圧とも極端に低下した。これに対して充填率 65 ~ 90 vol% の No. 3 ~ No. 8、特に 70 ~ 85 vol% の No. 4 ~ No. 7 では、電気抵抗率、耐圧、飽和磁束密度、透磁率とも良好であった。充填率 90 vol% の No. 8 は、飽和磁束密度および比透磁率が高いが、No. 4 ~ No. 7 と比較すると、抵抗、耐圧とも低下し、また樹脂量が少ないため、その機械強度が低いという欠点があった。一方、同じ充填率 75 vol% であっても、樹脂を混合しなかった No.

． 1 0 では、比透磁率は高いが、電気抵抗と、絶縁耐圧がやや低くなり、また磁性体自体の機械的強度が全く得られず、実際に使用できるものではなかった。樹脂を混合しても、窒化硼素を添加混合していない No. 1 1 では、電気抵抗、絶縁耐圧が極めて低かった。窒化硼素を添加し、かつ樹脂と混合し、金属磁性粉末の充填率が 6 5 ～ 9 0 vol%、より好ましくは 7 0 ～ 8 5 vol%である場合においてのみ、実使用可能な特性が得られた。

【 0 0 4 2 】

(実施例 2)

金属磁性体粉末として、平均粒径約 $10\ \mu\text{m}$ の Fe - 2 wt% Si 粉末を用意した。この粉末に、(表 2) に示す、板径約 $10\ \mu\text{m}$ 、板厚約 $1\ \mu\text{m}$ の各種板状粉末、または針の長さが約 $10\ \mu\text{m}$ 、針径が約 $2\ \mu\text{m}$ の針状粉末と、ビスフェノール A 型樹脂を混合し、(実施例 1) と同様の方法で、金属磁性体の充填率が 7 5 vol% となり、各種板状または針状粉末の体積%が(表 2) に示した値となる、直径約 1 2 mm、厚さ約 1. 5 mm の円板状の試料を得た。比較のため、粒径 $10\ \mu\text{m}$ の球状の添加物(アスペクト比 = 2 以下)を用いたものも作製した。得られた試料の電気抵抗、絶縁耐圧、比透磁率を、(実施例 1) と同様の方法で評価した。結果を(表 2) に示す。

【 0 0 4 3 】

(表 2)

	添加物種	添加物量 (vol%)	樹脂量 (vol%)	電気抵抗 (Ω)	絶縁耐圧 (V)	比透 磁率
1 *	無	0	2 0	$< 1 0^3$	$< 1 0 0$	4 3
2 *	SiO ₂ (板状)	0.5	2 0	$1 0^4$	1 0 0	3 3
3	SiO ₂ (板状)	1	2 0	$1 0^7$	2 0 0	3 0
4	SiO ₂ (板状)	3	2 0	$1 0^8$	$> 4 0 0$	2 5
5	SiO ₂ (板状)	5	1 8	$1 0^9$	$> 4 0 0$	2 1
6	SiO ₂ (板状)	1 0	1 3	$1 0^{11}$	$> 4 0 0$	1 3
7 *	SiO ₂ (板状)	1 5	8	$1 0^{12}$	$> 4 0 0$	6
8	ZnO(板状)	3	2 0	$1 0^7$	3 0 0	2 0
9	TiO ₂ (板状)	3	2 0	$1 0^7$	3 0 0	2 2
10	Al ₂ O ₃ (板状)	3	2 0	$1 0^6$	2 0 0	2 3
11	Fe ₂ O ₃ (針状)	3	2 0	$1 0^6$	2 0 0	2 7
12	BN(板状)	3	2 0	$1 0^8$	$> 4 0 0$	2 4
13	BaSO ₄ (板状)	3	2 0	$1 0^7$	3 0 0	2 3
14	タルク(板状)	3	2 0	$1 0^6$	2 0 0	2 5
15	雲母(板状)	3	2 0	$1 0^6$	2 0 0	2 1
16 *	SiO ₂ (球状)	1 0	1 3	$< 1 0^3$	$< 1 0 0$	3 3
17 *	Al ₂ O ₃ (球状)	1 0	1 3	$< 1 0^3$	$< 1 0 0$	2 6

・金属磁性体の体積分率 = 7 5 %

・* 印を付したサンプルは比較例

【 0 0 4 4 】

(表 2) より明らかなように、無添加の N o. 1 に比べ、板状の Si O₂ を添加した N o. 2 ~ 7 では高抵抗化、高絶縁耐圧化した。しかし、添加量が 1 vol % 未満の N o. 2 は抵抗、耐圧が十分ではなく、1 0 vol % を越える N o. 7 で

は、透磁率が極端に低くなり、またここには記載していないが、金属磁性体粉を 75 vol% とするために必要な成形圧が非常に高くなった。従って、板状の SiO_2 の添加量としては、10 vol% 以下、より好ましくは 1 ~ 5 vol% がよい。また SiO_2 以外でも、板状または針状の ZnO 、 TiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 BN 、 BaSO_4 、タルク、雲母粉末を 3 vol% 添加した No. 8 ~ 15 は、いずれも高抵抗化、高絶縁耐圧化した。これらの粉末について、発明者らは、(表 2) に示した以外にも、各種体積% の混合比率を検討したが、やはり 10 vol% 以下、より好ましくは 1 ~ 5 vol% とすると、電気抵抗、耐圧、透磁率のバランスが良い結果が得られた。ところが、おなじ SiO_2 や Al_2O_3 でも、球状の粉末を添加した No. 16, 17 では、ほとんど高抵抗化の効果は見られなかった。

【 0 0 4 5 】

(実施例 3)

金属磁性粉末として、平均粒径約 $16\ \mu\text{m}$ の (表 2) に示した各種組成の粉末を用意した。これらの粉末に、板径約 $10\ \mu\text{m}$ 、板厚約 $1\ \mu\text{m}$ の SiO_2 粉末とビスフェノール A 型樹脂を加えて良く混合し、(実施例 1) と同様の方法で、最終成形体中の金属磁性粉末と樹脂と SiO_2 の体積分率が、それぞれ、ほぼ 75 %、20 %、3 % となる、直径約 12 mm、厚さ約 1.5 mm の円板状硬化済み試料を得た。得られた試料の電気抵抗、絶縁耐圧、飽和磁束密度、比透磁率を、(実施例 1) と同様の方法で評価した。結果を (表 3) に示す。

【 0 0 4 6 】

(表 3)

	金属組成 (wt%)	電気抵抗 (Ω)	絶縁耐圧 (V)	飽和磁束 密度(T)	比透 磁率
1	Fe	10^5	200	1.6	15
2	Fe-0.5%Si	10^6	300	1.6	19
3	Fe-1.0%Si	10^7	>400	1.6	21
4	Fe-3.0%Si	10^8	>400	1.5	24
5	Fe-5.0%Si	10^9	>400	1.4	25
6	Fe-6.0%Si	10^9	>400	1.4	26
7	Fe-6.5%Si	10^9	>400	1.4	27
8	Fe-8.0%Si	10^{10}	>400	1.3	25
9	Fe-10%Si	10^9	300	1.1	23
10	Fe-3.0%Al	10^7	>400	1.5	20
11	Fe-3.0%Cr	10^7	>400	1.5	19
12	Fe-4%Al-5%Si	10^{10}	>400	1.2	26
13	Fe-5%Al-10%Si	10^9	300	0.8	26
14	Fe-60%Ni	10^5	200	1.1	28
15	Fe-60%Ni-1%Si	10^7	>400	1.1	26

- ・成形体中の体積分率；金属磁性粉末75%、樹脂20%、 SiO_2 板状体3%
- ・金属（合金）組成の表記；Feは残部

【0047】

(表3)より明らかなように、磁性元素のみを含むNo. 1, 14は電気抵抗や耐圧が比較的低かった。これらにSi、Al、Crを添加すると、電気抵抗、耐圧とも改善された。Si、Al、Crを比較すると、No. 4, 10, 11より、AlやCrは透磁率がやや低く、またここには記載していないが、金属磁性体の体積分率を同程度とするための成形圧が高くなり、かつ磁気損失が高くなる

傾向があった。非磁性元素の添加物量では、No. 1～9、およびNo. 12, 13より明らかなように、増加に伴い電気抵抗、耐圧は高くなるが、10 wt %を越えると、飽和磁束密度が低下し、かつここには記載していないが、金属磁性体の体積分率を同程度とするための成形圧が高くなった。従って、Si量は、10 wt %以下、特に1～5 wt %が好ましい。

【 0 0 4 8 】

(実施例4)

(実施例1)と同様に、金属磁性粉末として、平均粒径約 $15\mu\text{m}$ の96.5 wt % Fe - 3.5 wt % Si粉末を用意した。この粉末に、板径約 $10\mu\text{m}$ 、板厚約 $1\mu\text{m}$ の窒化硼素粉末と、ビスフェノールA型樹脂を、金属磁性体と窒化硼素と樹脂の体積比率が76/20/4となるように加えて良く混合し、メッシュを通して製粒した。次に、1 mm径の被覆銅線を用いて、内径5.5 mmの2段積み4.5ターンコイルを準備した。整粒粉末の一部を、図2に示したように、12.5 mm角の金型に入れ、軽くならした後、コイルを入れ、さらに粉末を入れ、圧力約343 MPa (3.5 t/cm^2)で加圧成形し、型より取り出した後、 150°C にて1時間加熱処理して、熱硬化性樹脂を硬化させた。得られた成形体のサイズは $12.5 \times 12.5 \times 3.4\text{ mm}$ で、金属粉末の充填率は約74 vol %であり、窒化硼素の体積分率は約19.5 vol %であった。この磁性素子のインダクタンスをコイルに0 Aおよび30 Aの直流電流を流した状態で測定したところ、それぞれ $1.5\mu\text{H}$ 、 $1.1\mu\text{H}$ と大きく、かつ電流値依存性が小さかった。次にコイル端子と素子外面、および素子外面の2ヶ所にそれぞれ鱗口クリップをはさんで、コイル端子/素子外面間および素子外面の2点間の電気抵抗を測定したところ、いずれも $10^{10}\Omega$ 以上であり、さらに耐電圧も400 V以上あって、素子は優れた絶縁性を有していた。また、コイル導体自体の電気抵抗は $3.0\text{ m}\Omega$ であった。

【 0 0 4 9 】

(実施例5)

金属磁性粉末として、平均粒径約 $10\mu\text{m}$ の98.5 wt % Fe - 1.5 wt % Si粉末を用意した。この粉末に、板径約 $10\mu\text{m}$ 、板厚約 $1\mu\text{m}$ の SiO_2

粉末と、ビスフェノールA型樹脂と硬化剤を、金属磁性体と窒化硼素と樹脂の体積比率が77/20/3となるように加えて良く混合し、メッシュを通して製粒した。次に、直径0.7mmの被覆銅線を用い、内径4mmの1ターンコイルを準備した。このコイルと製粒粉末より、(実施例4)と同様の方法で、6×6×2mmサイズの磁性素子を作製した。得られた成形体において、金属粉末の充填率は約73vol%であり、窒化硼素の体積分率は約2.9vol%であった。この磁性素子のインダクタンスをコイルに0Aおよび30Aの直流電流を流した状態で測定したところ、それぞれ0.16μH、0.13μHと大きく、かつ電流値依存性が小さかった。次にコイル端子と素子外面、および素子外面の2ヶ所にそれぞれ鰐口クリップをはさんで、コイル端子/素子外面間および素子外面の2点間の電気抵抗を測定したところ、いずれも10¹⁰Ω以上であり、また耐電圧も400V以上あって、素子は優れた絶縁性を有していた。なお、コイル導体自体の電気抵抗は1.3mΩであった。

【0050】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、高電気抵抗で高飽和磁束密度の複合磁性体が得られる。またこの複合磁性体を用いてコイルを内蔵化した磁性素子は、磁路断面積を有効に利用できるために、より高インダクタンスで、良好な直流重畳特性を示す。さらに、この磁性素子は、樹脂で一体成形されているために、交流を印加してもノイズ音が発生することはない。また、作製時に高い成形圧を必要とせず、作製が容易で低コストである。このように、本発明は、各種電子機器の大電流用途に適するインダクタ、チョークコイル、トランス等の磁性素子を提供するものであって、工業的利用価値の大なるものである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の磁性素子の一形態を示す断面図である。

【図2】 本発明の磁性素子の作製方法の一例を示すための斜視図である。

【符号の説明】

- 1 複合磁性体
- 2 コイル

3 端子部

1 1 コイル

1 2, 1 3 コイルの端子部

2 1 上パンチ金型

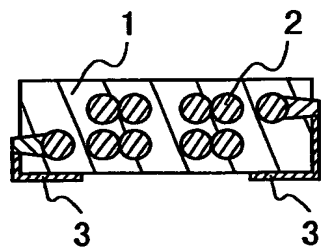
2 2 下パンチ金型

2 3 中金型

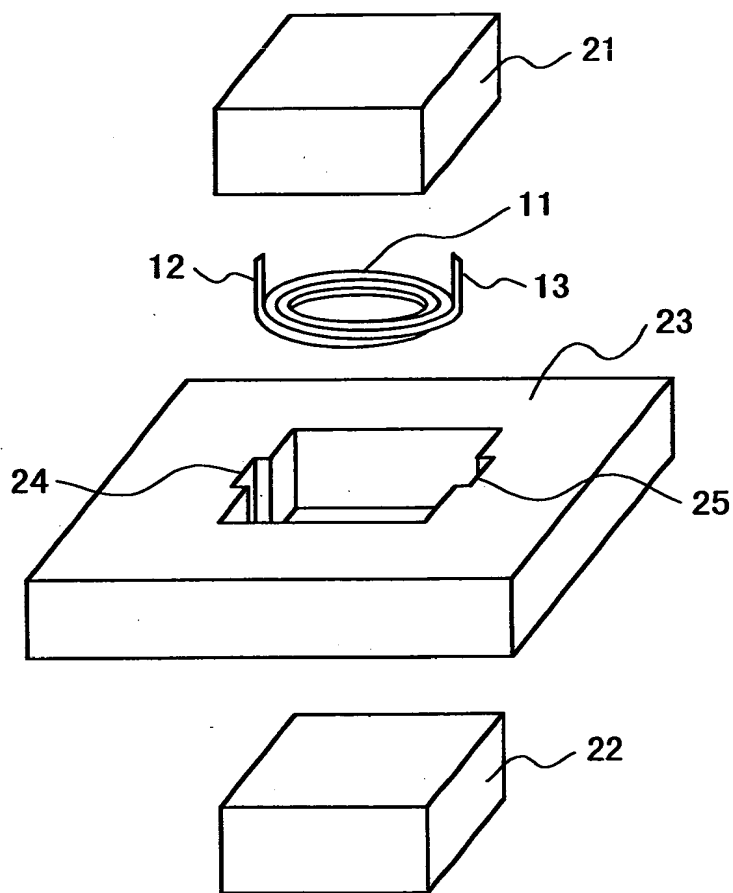
2 4, 2 5 中金型の切り欠き部

【書類名】 図面

【図 1】



【図 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 小型でインダクタンス値が大きく、かつ直流重畳特性の優れた磁性素子を得る。

【解決手段】 Fe、NiおよびCoの合計が90重量%以上の金属磁性体粉末と、板状または針状の電気絶縁性粒子と、樹脂とを含み、金属磁性体粉末の体積分率が65～90%、電気絶縁性粒子の体積分率が1～10%である電気絶縁性複合磁性体とする。この電気絶縁性複合磁性体中にコイル導体を埋設して、磁性素子を作製する。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名 松下電器産業株式会社